

地理的要件とハザードマップ周辺情報を事前学習した GPT による避難ルート情報提示の検討

Evacuation Route Planning Using a GPT Model Pretrained on Geographical Features and Hazard Map Data

堀内透悟† 和崎 克己‡
Horiuchi Tougo Katsumi Wasaki

1 はじめに

日本は地震、豪雨、台風などによる自然災害が多発する国であり、災害時における適切な避難行動は被害の軽減において重要である。しかし、災害現場では地理情報や道路状況の把握が困難であり、初動において現地住民が道路の被害情報を把握できず、引き返すことになるケースや遠回りしてしまうケースなど、避難行動が遅れるという課題がある。本研究では、災害時の避難支援を目的として、地理的要件とハザードマップ周辺情報を事前学習させた GPT モデルを用いた避難ルート情報提示システムの構築を目的とする。使用するデータは、国土地理院が提供するハザードマップ (GeoJSON 形式) および Google Maps API を用いて取得する周辺施設・道路情報である。これらのハザードマップ周辺データを用いて、災害時における避難所や物資調達地点の情報を提示できるように GPT モデルに追加学習を行う。

2 GPT の概要と災害避難支援への課題

2.1 GPT モデルの概要

GPT (Generative Pre-trained Transformer) [1] は、自然言語処理に優れた大規模言語モデルであり、事前学習によって獲得した膨大なテキストデータを基に、様々なタスクに対応できる汎用性を持つ。本研究では、OpenAI が提供する GPT-4o の軽量版である GPT-4o-mini を用いて追加学習を行う。このモデルは、応答が高速かつコスト効率の高い動作を実現するよう設計され、日本語テキストの処理でも高いパフォーマンスを発揮するモデルである。

2.2 現状の GPT モデルの応答

現状の GPT モデルは、一般的な知識に基づいて学習されているため、特定地域の地理や災害リスクを考慮した応答には限界がある。具体的な避難所や物資補給場所、災害リスクのあるエリアや道路情報などは学習されておらず、正確な回答が難しい。そのため、災害時の避難支援には不十分であり、避難ルートや情報提示にそのまま用いるのは困難である。よって、地域特有の地理や災害リスクに関するファインチューニングが必要となる [2]。

3 ハザードマップデータからのデータ取得

本研究では、道路セグメントと周辺施設情報を用いて、地域に特化した応答を実現するため、GPT への追加学習を行う。図 1 に処理フローを示す。後述するハザードマップのポリゴンデータに対して Google Maps API で道路・施設情報を取得し、JSON 形式で保存する。その後、取得データから追加学習用データセットを作成し、GPT モデルを追加学習させることで、避難所や医療機関などの情報をユーザの質問に応じて提供できるようにする。

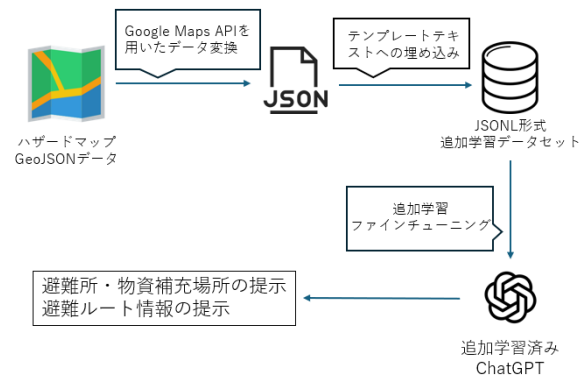


図 1: システム全体の処理フロー

3.1 ハザードマップ GeoJSON データの構造

本研究で利用するハザードマップは、国土地理院が提供する GeoJSON 形式のオープンデータである [3]。このデータは、図 2 と図 3 に示すように、FeatureCollection オブジェクトとして構成されており、複数の Feature を格納している。各 Feature には災害警戒区域に関する属性情報 (properties) とポリゴン地形データ (geometry) が含まれる。properties には表 1 に示すキーと値が格納されている一方、geometry にはポリゴン形状が格納されており、type は "polygon"、座標は coordinates に配列として記述される。この座標は経度・緯度の順で記録され、閉じたポリゴンを表している。

3.2 ハザードマップ内の道路情報と脱出地点の取得

本研究では、GeoJSON 形式のハザードマップデータに含まれる geometry 座標からポリゴンの頂点を取得し、各辺を約 100m 間隔 (0.001 単位) で分割する。

† 信州大学大学院総合理工学研究科, Graduate School of Science and Technology, Shinshu University

‡ 信州大学工学部電子情報システム工学科, Department of Electrical and Computer Engineering, Faculty of Engineering, Shinshu University

表 1: ハザードマップデータに含まれる属性情報

キー	属性情報
A33.001	災害の種類
A33.002	区域区分
A33.003	都道府県コード
A33.004	区域番号
A33.005	区域名
A33.006	所在地
A33.007	公示日
A33.008	特別警戒区域に関する調査・公示の有無

```
{
  "type": "FeatureCollection",
  "features": [
    {
      "type": "Feature",
      "properties": {
        "A33_001": "土砂災害",
        "A33_002": "1",
        "A33_003": "20",
        "A33_004": "D15-201-100",
        "A33_005": "安茂里",
        "A33_006": "長野県長野市安茂里1丁目",
        "A33_007": "2023.08.01",
        "A33_008": "0"
      },
      "geometry": {
        "type": "Polygon",
        "coordinates": [
          [
            [138.16980293, 36.6348892047],
            [138.169221428, 36.634958175],
            [138.169429504, 36.635024274],
            [138.169640512, 36.63509315],
            [138.169841267, 36.635169527],
            [138.170030144, 36.63523919],
            [138.170214579, 36.635312329],
            [138.17043287, 36.635405833],
            [138.17064388, 36.635498995],
            [138.17085919, 36.63559802],
            [138.171052395, 36.635692184],
            [138.171257468, 36.63579757],
            [138.171484475, 36.635919684],
            [138.171682185, 36.636035771],
            [138.171844344, 36.63617967],
            [138.172087874, 36.636232327],
            [138.17221273, 36.636363587],
            [138.172427938, 36.636510729],
            [138.1726239, 36.636658688],
            [138.17279629, 36.636780959],
            [138.168904958, 36.641160811],
            [138.168221835, 36.641524841],
            [138.168131252, 36.641642325],
            [138.16899493, 36.641757577],
            [138.16980293, 36.6348892047]
          ]
        ]
      }
    }
  ]
}
```

図 2: ハザードマップオープンデータ (国土地理院)

```
{
  "places": [
    {
      "types": [
        "primary_school",
        "point_of_interest",
        "school",
        "establishment"
      ],
      "formattedAddress": "日本、〒380-0941 長野県長野市安茂里1丁目55",
      "location": {
        "latitude": 36.639075,
        "longitude": 138.171384
      },
      "displayName": {
        "text": "長野市立安茂里小学校",
        "languageCode": "ja"
      },
      "primaryTypeDisplayName": {
        "text": "小学校",
        "languageCode": "ja"
      },
      "primaryType": "primary_school",
      "in_out": "out",
      "elevation": 378.9743347167969
    }
  ]
}
```

```
{
  "type": "Feature",
  "properties": {
    "A33_001": "土砂災害",
    "A33_002": "1",
    "A33_003": "20",
    "A33_004": "D15-201-100",
    "A33_005": "安茂里",
    "A33_006": "長野県長野市安茂里1丁目",
    "A33_007": "2023.08.01",
    "A33_008": "0"
  },
  "geometry": {
    "type": "Polygon",
    "coordinates": [
      [
        [138.16980293, 36.6348892047],
        [138.169221428, 36.634958175],
        [138.169429504, 36.635024274],
        [138.169640512, 36.63509315],
        [138.169841267, 36.635169527],
        [138.170030144, 36.63523919],
        [138.170214579, 36.635312329],
        [138.17043287, 36.635405833],
        [138.17064388, 36.635498995],
        [138.17085919, 36.63559802],
        [138.171052395, 36.635692184],
        [138.171257468, 36.63579757],
        [138.171484475, 36.635919684],
        [138.171682185, 36.636035771],
        [138.171844344, 36.63617967],
        [138.172087874, 36.636232327],
        [138.17221273, 36.636363587],
        [138.172427938, 36.636510729],
        [138.1726239, 36.636658688],
        [138.17279629, 36.636780959],
        [138.168904958, 36.641160811],
        [138.168221835, 36.641524841],
        [138.168131252, 36.641642325],
        [138.16899493, 36.641757577],
        [138.16980293, 36.6348892047]
      ]
    ]
  }
}
```

図 5: ハザードエリア付近の施設情報データ

れた長野市安茂里小市1丁目の警戒区域と内部道路を示す。

図 3: ハザードマップオープンデータ一部抜粋 (長野県長野市安茂里小市1丁目)

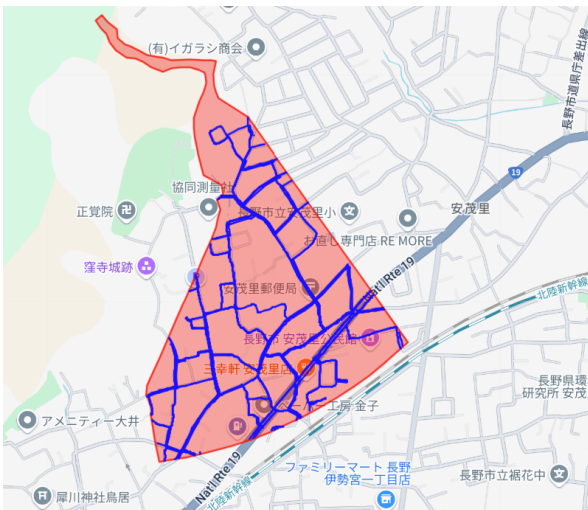


図 4: 土石流警戒区域 (赤色) の内側に存在する徒歩でハザード区域外へ移動可能なルート情報の合併 (青線)

各分割点から 30°, 60°, 90°, 120°, 150° の方向に直線を伸ばし、ポリゴンの他辺との交点を求め、交点と元の点のペアに対して Directions API[4] を用いて徒歩ルートを取得し、道路セグメントとして取得する。ポリゴンの辺と交わるセグメントは脱出ポイントとして抽出し、内部に存在するものは内部道路と分類する。各端点には Roads API[5] を用いて placeId を取得し、Places API[6] で住所や名称を取得する。すべての情報は JSON 形式で保存される。図 4 は、この手法で得ら

3.3 ハザードマップ周辺施設情報の取得

■Step 1: 施設情報の取得 ハザードマップで示されるポリゴン周辺にある避難関連施設や物資調達が可能施設の情報を取得するために、本研究では Google Maps API を用いた。使用した API には、施設の基本情報を取得するための Places API, そして各施設の標高を取得するための Elevation API[7] がある。これにより、各施設について、施設名、主要な施設カテゴリ (PrimaryType) [8], 地籍、緯度・経度座標、および標高データを取得できる。検索対象の施設カテゴリは、避難所となる学校や体育館、災害対応拠点となりうる市役所、消防署、警察署、食料・生活物資の調達場所となるコンビニ、スーパー、薬局、病院などに限定する。スパや美容サロンなど避難支援と関連性の低いカテゴリは除外して設定している。

■Step 2: in/out 分類 取得された施設情報に対して、各施設がハザードマップ上のポリゴン内部に位置するか外部に位置するかを判定し、「in」または「out」というフラグを付加して、災害警戒区域との位置関係を明確化している。例として、図 4 における中央付近に位置する安茂里郵便局はエリアの内部に存在するため「in」、南東に位置する長野市立裾花中はエリアの外部に存在するため「out」のフラグが付加される。

■Step 3: 標高データの付加 各施設の緯度・経度座標を Elevation API に入力することで標高データを取得し、施設詳細情報の一つとして保持する。この標高データは、施設間の標高差や災害の被害拡大方向を評価する材料として、今後のデータ拡張に用いる。

■Step 4: JSON 構造への変換 上記情報は、図 5 に示す施設名、住所、カテゴリ、緯度・経度、標高、in/out フラグを含む JSON 形式に整理され、図 6 に示す追加学習テンプレートの変数として用いる。

```

input_data_inout = {
  "messages": [{"role": "system", "content": "あなたは{地籍(ハザードエリアラベル)}の避難ガイドです。"},
               {"role": "user", "content": "{(危険要因)}が発生しました。この付近の安全な避難場所を教えてください。"},
               {"role": "assistant", "content": "{(施設名)}は{区域区分}"}]
input_data_food = {
  "messages": [{"role": "system", "content": "あなたは{地籍(ハザードエリアラベル)}の避難ガイドです。"},
               {"role": "user", "content": "避難中に食料を調達できる場所はどこですか?"},
               {"role": "assistant", "content": "{(施設名)}は{区域区分}"}]
input_data_doctor = {
  "messages": [{"role": "system", "content": "あなたは{地籍(ハザードエリアラベル)}の避難ガイドです。"},
               {"role": "user", "content": "緊急時に治療を受けるための場所はどこですか?"},
               {"role": "assistant", "content": "{(施設名)}は{区域区分}"}]
input_data_drugstore = {
  "messages": [{"role": "system", "content": "あなたは{地籍(ハザードエリアラベル)}の避難ガイドです。"},
               {"role": "user", "content": "薬が必要になったときはどこに行けばいいですか?"},
               {"role": "assistant", "content": "{(施設名)}は{区域区分}"}]

```

図 6: 学習データセット生成用テンプレート文章

```

{
  "messages": [
    {
      "role": "system",
      "content": "あなたは長野県長野市小市1丁目の避難ガイドです。"
    },
    {
      "role": "user",
      "content": "土石流が発生しました。この付近の安全な避難場所を教えてください。"
    },
    {
      "role": "assistant",
      "content": "長野市立安茂里小学校は土砂災害警戒区域(指定済)外に位置しており、安全な避難場所として活用できます。"
    }
  ]
}

```

図 7: 生成される追加学習データセット

4 追加学習データの生成

4.1 学習データの形式

本研究では、GPT の追加学習に適した JSONL 形式で質問応答ペアのデータを生成する。この形式では、GPT との会話内容を、話者を示す `role` (`system`, `user`, `assistant`) と、対応するメッセージ本文 `content` で構成される。`system` はモデル全体の振る舞いや制約を与える初期設定用メッセージであり、`user` はユーザからの入力、`assistant` は GPT による応答を表す。本研究では「質問文-回答文」のペアに加え、`system` ロールに「あなたは〇〇(地籍名)の避難ガイドです。」と設定し、モデルに地域や状況を明示することで、制約に応じた応答生成を行うよう設定している。

4.2 対話形式データの構築

ハザードマップデータと Google Maps API を用いて取得した施設情報をもとに、災害時を想定したユーザの質問とそれに対する GPT の学習データ形式である JSONL データを生成する。ユーザー側の質問文としては「近くの避難所はどこか」「避難に使える場所を教えてください」「物資はどこで調達できるのか」といった実用的な内容を記述し、応答文では取得した施設名と共に、その施設がハザードマップ上で示される災害警戒エリア内に位置するのかどうかという内容を記述する。学習データの生成方法として、図 6 に示すテンプレートテキストをあらかじめ作成し、これに施設データを埋め込むことで、図 7 に示す追加学習データの生成を行う。

5 追加学習による GPT の応答結果

本研究では、GPT-4o-mini モデルに対し、長野市小市 1 丁目を対象としたハザードマップおよび Google Maps API を用いて生成した 47 件の対話形式データを用いて、災害時の避難支援に関する追加学習を行った。トークン数は 12,906 であり、エポック数 3、バッチサイズ 1、学習率倍率は 1.8 に設定した。学習の損失値は 0.111 であった。

避難所に関する質問では、学習前のモデル(図 8-a)は

一般的な避難所を列挙するにとどまっていたが、学習後(図 8-b)では特定の施設名と災害警戒区域外である旨を明示する具体的な回答が生成された。また、物資調達に関する質問では、学習前(図 9-a)は一般的助言にとどまるのに対し、学習後(図 9-b)は店舗名と区域情報を含んだ実用的な応答を示した。医療支援に関しても、学習前(図 10-a)は架空施設を含む不正確な回答があったが、学習後(図 10-b)では実在施設を提示できた。

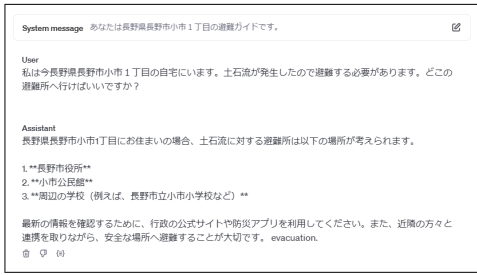
一方で課題も確認された。学習後(図 11-b)は未学習の施設に対し、架空の病院名を生成する傾向が確認され、学習前(図 11-a)のような無難な回答の方が誤情報のリスクは少なかった。また、テンプレートベースの学習データにより表現の多様性が乏しく、同じ内容でも表現を変えた質問(図 12)では精度が低下した。今後は多様な表現の追加や、回答不能時に無応答を選択できる学習設計が求められる。

6 まとめと今後の課題

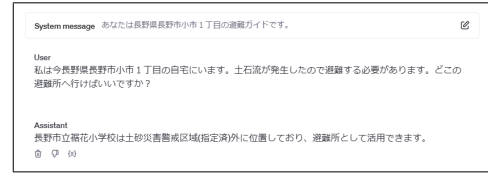
本研究では、GeoJSON 形式のハザードマップと Google Maps API から得られる地理・道路情報を用いて追加学習データセットを生成し、GPT-4o-mini モデルにファインチューニングを行った。これにより、災害警戒区域に関連した施設情報に基づく具体的な応答が可能となること示された。一方で、学習データ数の不足や表現の多様性の限界といった課題も明らかとなった。今後の課題として、複数の土砂災害ポリゴンが隣接するケースに対応するため、そのような複合的な条件下でも地理的關係や施設の安全性を正確に判断できるモデル精度の向上が必要である。また、ファインチューニング対象地域の指定方法として、ユーザが施設名や地籍、GPS 情報を入力する方法を取り入れ、事前に該当地域の施設・道路情報を取得・学習する仕組みの構築が必要である。さらに、平時の避難訓練への応用や、複数のハザードポリゴンに囲まれた地域からの脱出可否判定など、地理条件に応じた多様な避難シナリオへの対応も課題である。

参考文献

- [1] OpenAI:ChatGPT, <https://chatgpt.com>
- [2] OpenAI:Fine-tuning - OpenAI API, <https://platform.openai.com/docs/guides/fine-tuning>
- [3] 国土地理院:ハザードマップポータルサイト <https://disaportal.gsi.go.jp/hazardmapportal/hazardmap/copyright/opendata.html>
- [4] Google:Directions API overview - Google for Developers, <https://developers.google.com/maps/documentation/directions/overview>
- [5] Google:Roads API overview - Google for Developers <https://developers.google.com/maps/documentation/roads/overview>
- [6] Google>About the Places API (New), <https://developers.google.com/maps/documentation/places/web-service/op-overview>
- [7] Google:Elevation API overview - Google for Developers, <https://developers.google.com/maps/documentation/elevation/overview>
- [8] Google:Place Types (New) - Places API - Google for Developers, <https://developers.google.com/maps/documentation/places/web-service/place-types>

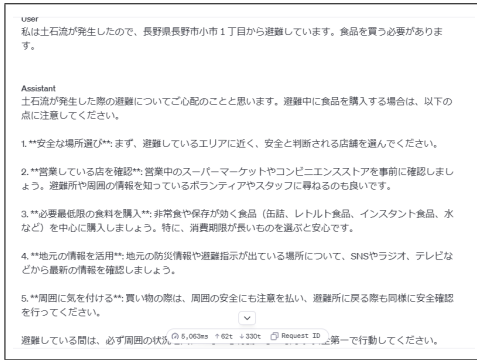


(a) 避難所に関する応答（追加学習前）

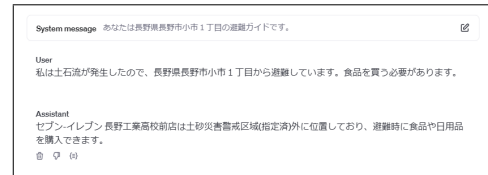


(b) 避難所に関する応答（追加学習後）

図 8: 避難所情報の応答比較（学習前/学習後）

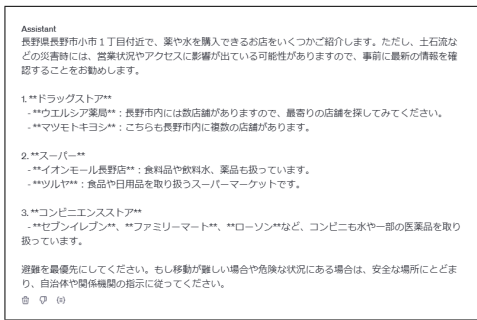


(a) 物資調達に関する応答（追加学習前）

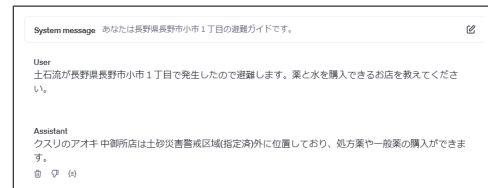


(b) 物資調達に関する応答（追加学習後）

図 9: 物資調達に関する応答の比較（学習前/学習後）

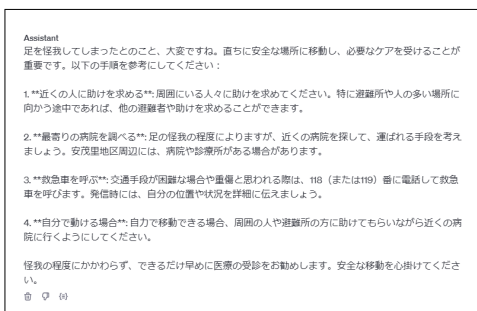


(a) 医療支援に関する応答（追加学習前）

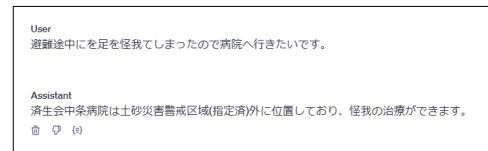


(b) 医療支援に関する応答（追加学習後）

図 10: 医療支援に関する応答の比較（学習前/学習後）



(a) 未学習施設に関する応答（追加学習前）



(b) 未学習施設に関する応答（追加学習後）

図 11: 学習データに含まれない施設に対する応答の比較（学習前/学習後）

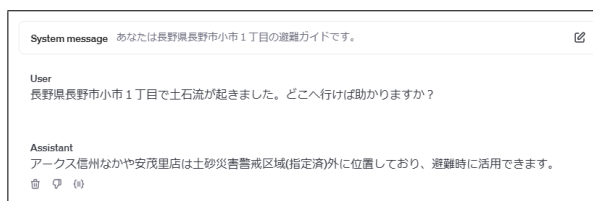


図 12: 表現の違いによる応答の変化（追加学習後）